

estudio 15
consultoría acústica

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS
Opción general del DB-HR

Jose Javier González-Outón Coca
Arquitecto
Masterando en Ingeniería Acústica
Técnico Acreditado en Contaminación Acústica

CATarquitectosdecádiz

CTE
CÓDIGO TÉCNICO
DE LA EDIFICACIÓN



Taller de Acústica
CATarquitectosdecádiz
14-15 de octubre de 2008

estudio 15
consultoría acústica

●○○○○○○○○ Introducción ○○○○○○○○○○ Aislamiento a ruido aéreo ○○○○ Aislamiento a ruido de impactos

MARCO NORMATIVO

Normativa Protección contra el Ruido

- Ambiental 
- Seguridad y Salud 
- Edificación → LOE → CTE

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15 consultoría acústica

●●●●●●●● Introducción

●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo

●●●● Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (3)

MARCO NORMATIVO EN EDIFICACIÓN

Antes : CA-88

↓

SE EXIGÍAN unos valores de aislamiento a ruido aéreo (R) y a ruido de impacto normalizado (L_n) **A LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**


A partir del 24 de octubre : DB-HR


↓

SE EXIGEN PRESTACIONES ACÚSTICAS A LOS EDIFICIOS

↓

NECESIDAD DE ESTIMAR CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE LOS EDIFICIOS A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS





©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15 consultoría acústica

●●●●●●●● Introducción


●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo


●●●● Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (A)


¿CÓMO PODEMOS ESTIMAR LAS PRESTACIONES DEL EDIFICIO?

<p>1. Utilizar la opción simplificada del DB-HR</p>	→	<p>Encarecimiento de las soluciones constructivas</p>
<p>2. Utilizar la opción general del DB-HR, basada en el modelo simplificado de la UNE-EN 12354</p>	→	<p>Cálculo manual o mediante hojas de cálculo. Utiliza valores globales.</p>
<p>3. Utilizar el modelo detallado o “de ingeniería” de la UNE-EN 12354</p>	→	<p>Cálculo mediante aplicaciones comerciales (Acoubat-DBMAT, Bastian, etc). Utiliza valores por bandas de octavas. Ministerio manos a la obra.</p>





©Jose Javier González-Outón Coca



●●●●●●●●●● Introducción

●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo

●●●● Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (5)

OPCIÓN GENERAL DEL DB-HR. PRINCIPIOS GENERALES


1. Se basa en el modelo simplificado de la UNE-EN 12354, partes 1, 2 y 3

2. La potencia acústica en el recinto receptor es debida al sonido radiado por:
 - El elemento separador (transmisión directa).
 - Los elementos de flancos (transmisiones indirectas)

3. El índice de reducción acústica aparente entre dos recintos se puede calcular mediante la suma de las contribuciones del aislamiento del elemento separador y de los 12 caminos principales de transmisión indirecta

$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-R_{Dd,A}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,A}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,A}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Ff,A}/10} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-D_{n,ai,A}/10} \right) [\text{dBA}]$$

©Jose Javier González-Outón Coca



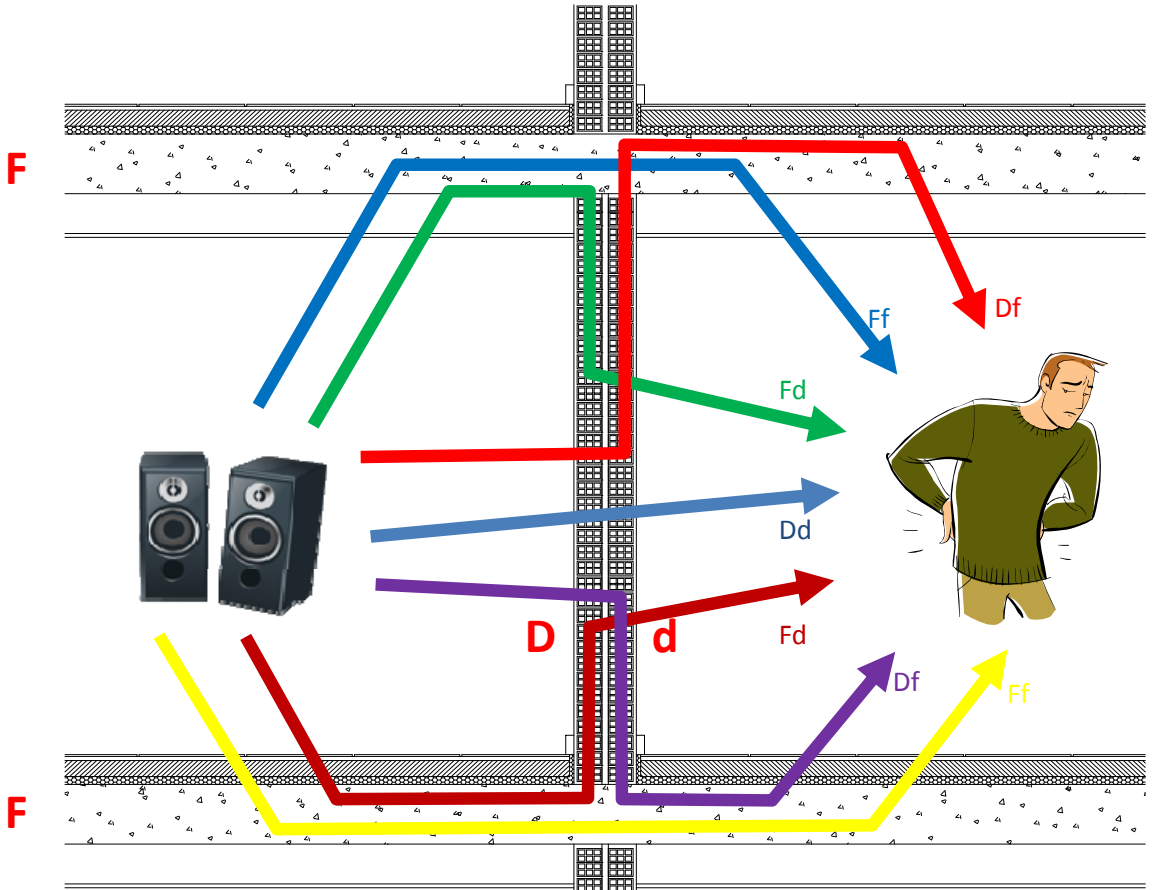
●●●●●●●●●● Introducción

●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo

●●●● Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (6)

EL SONIDO NO SOLO PASA A TRAVÉS DEL ELEMENTO SEPARADOR



Notación:

Mayúsculas: emisor

Minúsculas: receptor

D: directo

F: flancos

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (7)

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

OPCIÓN GENERAL DEL DB-HR. PRINCIPIOS GENERALES (II)

4. Supone que los caminos de transmisión descritos se pueden considerar independientes

5. Limitaciones:

- El modelo se restringe a recintos adyacentes
- Necesidad de ensayar elementos para poder ser usados en el modelo
- Necesidad de caracterizar cada tipo de juntas
- Solo es aplicable a elementos estructurales básicos que tengan aproximadamente las mismas características de radiación por ambas caras
- Se desprecia la contribución de caminos de transmisión secundarios que involucren más de una unión.
- Las predicciones del modelo muestran una desviación estándar de aproximadamente 2dB, con tendencia a sobreestimar el aislamiento.

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (8)

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

OPCIÓN GENERAL VS OPCIÓN SIMPLIFICADA

VENTAJAS DE LA OPCIÓN GENERAL

1. Todo lo que se dice en el art. 3.1.2. ya no es obligatorio, sino que hay que llegar a los requisitos indicados en el art. 2 de la forma que se considere más oportuna.
2. Nos olvidamos de los 3 tipos de elementos de separación vertical, aunque se deben cumplir las condiciones de diseño de las uniones conforme al art. 3.1.4.
3. No obligatoriedad de absorbente acústico en cámaras, pero muy recomendable. Mucha mejoría por poco precio.
4. No obligatoriedad de suelo flotante, pero muy recomendable.
5. No hay que cumplir los valores mínimos de m y R_A para la tabiquería conforme a la tabla 3.1, sino que basta cumplir que $R_A \geq 33\text{dBA}$
6. No hay que cumplir las condiciones de los elementos de separación verticales del art. 3.1.2.3.4. ni la tabla 3.2.

©Jose Javier González-Outón Coca

●●●●●●●●●●
Introducción
●●●●●●●●●●
Aislamiento a ruido aéreo
●●●●●●●●●●
MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (9)
●●●●
Aislamiento a ruido de impactos

OPCIÓN GENERAL VS OPCIÓN SIMPLIFICADA (II)

VENTAJAS DE LA OPCIÓN GENERAL (II)

7. No hay cumplir las condiciones de los elementos de separación horizontales del art. 3.1.2.3.5. ni la tabla 3.3.
8. No hay cumplir las condiciones de las medianerías del art. 3.1.2.4.
9. No hay cumplir las condiciones de las fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior, ni la tabla 3.4.

10. CONCLUSIÓN: Libertad de diseño y abaratamiento.

VENTAJAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

1. Facilidad de cálculo.

©Jose Javier González-Outón Coca


●●●●●●●●●●
Introducción
●●●●●●●●●●
Aislamiento a ruido aéreo
●●●●●●●●●●
MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (10)
●●●●
Aislamiento a ruido de impactos

¿QUÉ DATOS NECESITO CONOCER DE CADA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA?

Tabiques	→	m y R_A
Eltos. Verticales	→	m y R_A para elto. base ΔR para trasdosados m y R_A hoja exterior fachadas
Eltos. Horizontales	→	m y R_A para forjados ΔR para suelo flotantes
Fachadas	→	R_A para fachada R_A de huecos, persianas, etc.
Cubiertas	→	R_A para cubiertas R_A de huecos, claraboyas, etc. TRANSITABLES, además: m y L_n para forjados ΔL_n para revestimientos

Justificación
mediante ensayo o
Catálogo de
Elementos
Constructivos

©Jose Javier González-Outón Coca



MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (11)

Introducción ●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo ○○○○ Aislamiento a ruido de impactos

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS

1 La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$, utilizada para *recintos* interiores se calcula mediante la expresión:

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \cdot \lg\left(\frac{0,32 \cdot V}{S_s}\right) \quad [\text{dBA}] \quad (3.6)$$


siendo

- V volumen del *recinto* receptor, [m³];
- S_s área compartida del elemento de separación, [m²],
- R'_A índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, [dBA].

Influye la geometría

$$R'_A = -10 \cdot \lg\left(10^{-0,1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{al=el,si} 10^{-0,1D_{n,al,A}}\right) \quad [\text{dBA}] \quad (3.8)$$

©Jose Javier González-Outón Coca



MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (12)

Introducción ●●●●●●●●●● Aislamiento a ruido aéreo ○○○○ Aislamiento a ruido de impactos

INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \cdot \lg\left(\frac{0,32 \cdot V}{S_s}\right) \quad [\text{dBA}]$$

$D_{nT,A} > \text{si } \frac{V}{S_s} \text{ grande} \quad \quad \quad D_{nT,A} < \text{si } \frac{V}{S_s} \text{ pequeño}$

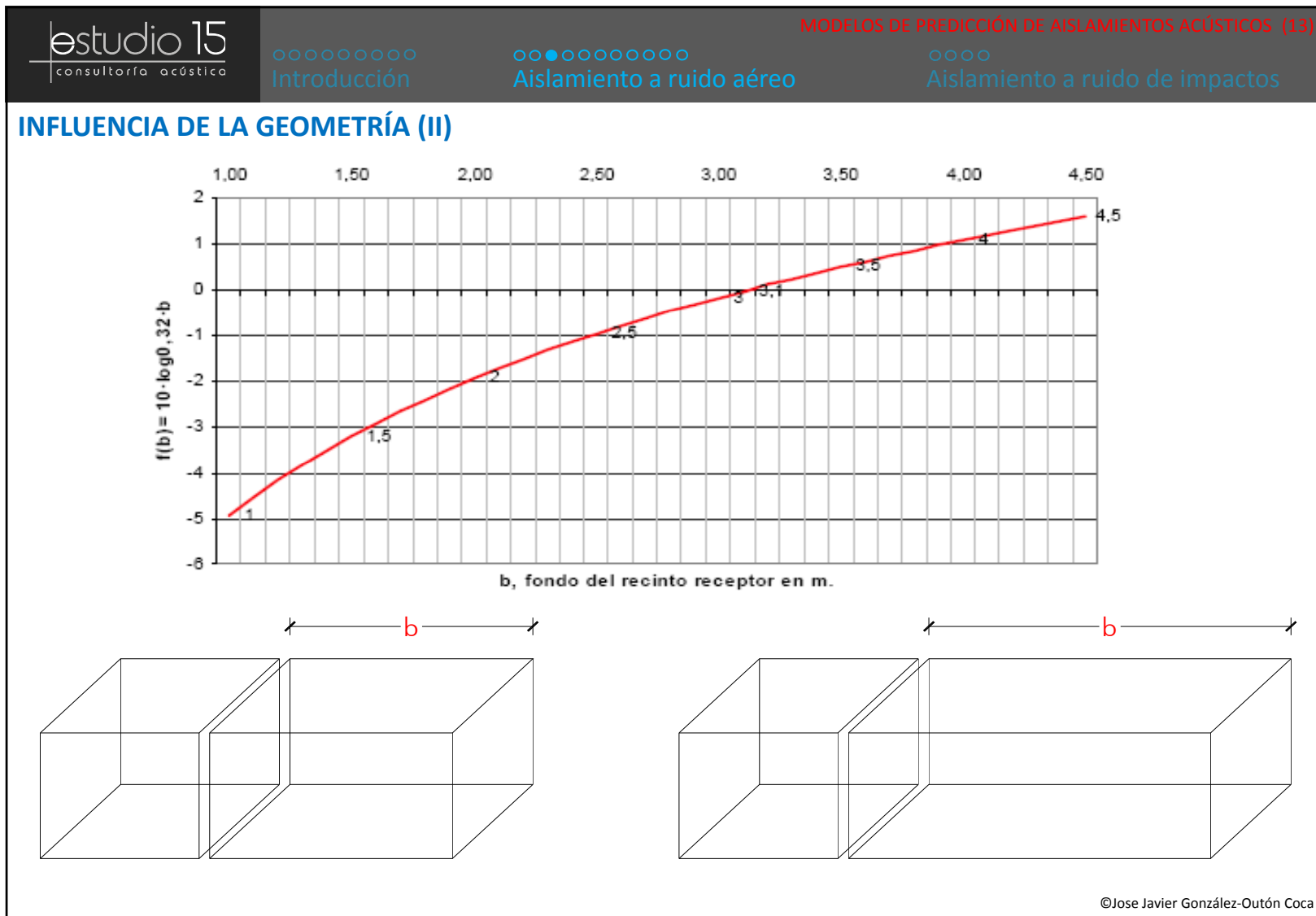
$\frac{V}{S_s}$

➔

PROFUNDIDAD RECINTO RECEPTOR

EL RECINTO MÁS DESFAVORABLE SERÁ EL QUE TENGA MENOR PROFUNDIDAD

©Jose Javier González-Outón Coca



MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (14)

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

TRANSMISIÓN DIRECTA $R_{Dd,A}$

$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{al=el,sl} 10^{-0,1D_{n,al,A}} \right) \text{ [dBA]} \quad (3.8)$$

$$R_{Dd,A} = R_{S,A} + \Delta R_{Dd,A} \quad \text{[dBA]} \quad (3.9)$$

siendo $R_{S,A}$ CEC ó laboratorio

$R_{S,A}$ índice global de reducción acústica del elemento de separación para ruido rosa incidente, [dBA]:


$\Delta R_{Dd,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de *revestimientos* del lado de la emisión y de la recepción, en dBA, para ruido rosa. Este valor se obtiene directamente de resultados disponibles por ensayos en laboratorio para la combinación elegida o se puede deducir de los resultados obtenidos de cada uno de los *revestimientos* por separado:

Un *revestimiento*: $\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A}$ ó $\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A}$ [dBA] (3.10)

Dos *revestimientos*: $\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A} + \frac{\Delta R_{d,A}}{2}$ ó $\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A} + \frac{\Delta R_{D,A}}{2}$ [dBA] (3.11)

Se elegirá como valor mitad para el caso de dos *revestimientos*, el menor de ellos.

©Jose Javier González-Outón Coca



MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (15)

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

TRANSMISIÓN POR FLANCOS $R_{Ff,A}, R_{Df,A}, R_{Fd,A}$

$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1R_{Dd,A}} \cdot \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} \cdot \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} \cdot \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} \cdot \frac{A_0}{S_s} \sum_{al=el,si} 10^{-0,1D_{n,al,A}} \right) \text{ [dBA]} \quad (3.8)$$

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{[dBA]}$$

Media de los
"aislamientos
en laboratorio"
de cada flanco


Mejora de R_A por
efecto del
revestimiento.
Para 2
revestimientos,
mismo criterio
que antes

Reducción por
vibraciones según
Anejo D

Influencia de la
geometría

Los índices globales de reducción acústica, $R_{F,A}, R_{f,A}$, de elementos de flanco que contengan puertas, ventanas o estén formados por varios materiales diferentes, deben calcularse según las indicaciones que figuran en el Anejo I.

©Jose Javier González-Outón Coca



MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (16)

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

ANEJO D: CÁLCULO DE LOS K_{ij}

TIPOS DE UNIÓN:


- En +
- En T
- Esquinas
- Cambio de espesor

TIPOS DE ENCUENTROS:

- Con bandas elásticas
- Sin bandas elásticas

TIPOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS:

- Elementos constructivos homogéneos
- Entramado autoportante
- Fachadas ligeras



MULTITUD DE CASOS. ANEJO D

©Jose Javier González-Outón Coca

Introducción
Aislamiento a ruido aéreo
Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (17)

ANEJO D: CÁLCULO DE LOS K_{ij} (II)

Unión rígida en + de **elementos constructivos homogéneos:** Ejemplo

$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7 \cdot M^2 \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad \text{(D.2)}$$

$$K_{12} = 8,7 + 5,7 \cdot M^2 (= K_{23}) \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad \text{(D.3)}$$

$$M = \lg \frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \quad \text{De donde parte la flecha} \quad \text{(D.1)}$$

siendo

- m'_i masa por unidad de superficie del elemento i en el camino de transmisión ij, [kg/m²];
- $m'_{\perp i}$ masa por unidad de superficie del otro elemento, perpendicular al i, que forma la unión, [kg/m²].

Para el cálculo de M, debe tomarse únicamente la masa correspondiente al elemento base o forjado conectado a los elementos constructivos colindantes y deben excluirse las masas de las capas de *revestimiento*, tales como *suelos flotantes*, *trasdosados* y *techos suspendidos*.

©Jose Javier González-Outón Coca

Introducción
Aislamiento a ruido aéreo
Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (18)

ANEJO D: CÁLCULO DE LOS K_{ij} (III)

$$K_{13} = 10 + 20M - 3,3 \cdot \lg(f / f_k) \quad \text{dB}; \quad \text{mínimo } 10 \text{ dB} \quad \text{(D.14)}$$

$$K_{24} = 3,0 + 14,1M + 5,7M^2 \quad \text{dB}; \quad (m_2 / m_1) > 3; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad \text{(D.15)}$$

$$K_{12} = 10 + 10|M| + 3,3 \cdot \lg(f / f_k) \quad \text{dB}; \quad (= K_{23}) \quad \text{(D.16)}$$

$$f_k = 500 \text{ Hz}; \quad a_{\text{ligerero, situ}} = S_{\text{ligerero}} / l_0, \quad \text{con } l_0 = 1 \text{ metro} \quad \text{(D.17)}$$

CONSIDERACIONES:

1. Los K_{ij} pueden determinarse conforme a al proyecto de norma prEN ISO 10848-1, o en Anexo E de la UNE EN ISO 12354-1
2. 0 dB/octava significa que la transmisión es independiente de la frecuencia
3. Si el valor de K_{ij} depende de la frecuencia, se puede emplear $f=500\text{Hz}$ conforme al punto 4.4.1. de la UNE EN ISO 12354-1

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (19)

AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO EN FACHADAS, CUBIERTAS Y SUELOS EN CONTACTO CON EXT.

2 La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, de la *fachada* o de la *cubierta*, viene dada por la expresión:

$$D_{2m,nT,A} = R'_A + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \lg \frac{V}{6T_0S} \quad [\text{dBA}] \quad (3.17)$$

siendo

- R'_A índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, [dBA];
- ΔL_{fs} mejora del aislamiento o diferencia de niveles por la forma de la *fachada*, [dB], que figura en el anejo F;
- V volumen del *recinto* receptor, [m³];
- S área total de la *fachada* o de la *cubierta*, vista desde el interior del *recinto*, [m²];
- T_0 *tiempo de reverberación* de referencia; su valor es $T_0 = 0,5$ s.

→ Se obtiene de la misma manera que entre recintos

→ Mayor aislamiento cuanto más volumen

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (20)

AISLAMIENTO RUIDO AÉREO EN FACHADAS, CUBIERTAS Y SUELOS EN CONTACTO CON EXT. (II)

$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1R_{m,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S} \sum_{ai=ei,Si} 10^{-0,1D_{n,ai,A}} \right) \quad [\text{dBA}] \quad (3.18)$$

siendo

- $R_{m,A}$ índice global de reducción acústica del *elemento constructivo mixto* (aislamiento mixto), ponderado A [dBA]. En el Anejo G se detalla el cálculo del aislamiento de estos elementos;
- n número de caminos indirectos.

Aislamiento mixto

$$R_{m,A} = -10 \cdot \lg \left(\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{j,A}}{10}} \right) \quad [\text{dBA}] \quad (G.1)$$

siendo

- $R_{m,A}$ índice global de reducción acústica, ponderado A, del *elemento constructivo mixto*, [dBA];
- $R_{i,A}$ índice global de reducción acústica, ponderado A, del elemento i, [dBA];
- S área total del *elemento constructivo mixto*, [m²];
- S_i área del elemento i, [m²];

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (23)

NIVEL GLOBAL DE PRESIÓN DE RUIDO DE IMPACTOS ESTANDARIZADO

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \cdot \lg(0,032 \cdot V) \quad [\text{dB}]$$

siendo

V volumen del *recinto* receptor, [m³];
L'_{n,w} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, [dB].

-Recintos superpuestos
-Recintos adyacentes y recintos con una arista horizontal común

El recinto más desfavorable es el de menor volumen

©Jose Javier González-Outón Coca

estudio 15
consultoría acústica

Introducción Aislamiento a ruido aéreo Aislamiento a ruido de impactos

MODELOS DE PREDICCIÓN DE AISLAMIENTOS ACÚSTICOS (24)

RECINTOS SUPERPUESTOS: NIVEL GLOBAL DE PRESIÓN DE RUIDO DE IMPACTOS

$$L'_{n,w} = 10 \cdot \lg \left(10^{0,1L_{n,w,d}} + \sum_{j=1}^n 10^{0,1L_{n,w,ij}} \right) \quad [\text{dB}]$$

Transmisión directa Transmisión indirecta

$$L_{n,w,d} = L_{n,w,situ} - \Delta L_{w,situ} - \Delta L_{d,w,situ} \quad [\text{dB}]$$

$$L_{n,w,ij} = L_{n,w,situ} - \Delta L_{w,situ} + \frac{R_{A,i,situ} - R_{A,j,situ}}{2} - \Delta R_{A,j,situ} - K_{ij} - 10 \cdot \lg \frac{S_i}{|j|_0} \quad [\text{dB}]$$

©Jose Javier González-Outón Coca

RECINTOS ADYACENTES Y CON ARISTA HOR. COMÚN: NIVEL GLOBAL DE PRESIÓN DE RUIDO DE IMPACTOS

$$L'_{n,w} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{j=1}^n 10^{0.1L_{n,w,ij}} \right) \quad [\text{dB}]$$

Transmisión indirecta

$$L_{n,w,ij} = L_{n,w,situ} - \Delta L_{w,situ} + \frac{R_{A,i,situ} - R_{A,j,situ}}{2} - \Delta R_{A,j,situ} - K_{ij} - 10 \cdot \lg \frac{S_i}{|_{ij}|_0} \quad [\text{dB}]$$